Przebieg niektórych procesów fizjologicznych oraz plonowanie pszenicy ozimej i pszenżyta pod wpływem deszczowania i nawożenia azotem

Część I. Zawartość chlorofilu i karotenoidów w niektórych organach pszenicy ozimej i pszenżyta

**STANISŁAW KARCZMARCZYK, ZDZISŁAW KOSZAŃSKI,
CEZARY PODSIADŁO**

Zakład Podstaw Produkcji Roślinnej i Nawadniania Roślin, AR, ul. Słowackiego 17,
71-434 Szczecin

S. Karczmarczyk, Z. Koszański, C. Podsiadło (Academy of Agriculture at Szczecin, Department of Plant Production and Irrigation, Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, Poland). Acta Agrobotanica 46 (1): 00-00, 1993. *Changes of Some Physiological Processes and Yield of Winter Wheat and Triticale Under the Influence of Sprinkling Irrigation and Nitrogen Fertilization. Part I. Chlorophyll and Carotenoid Content in Some Organs of Winter Wheat and Triticale.*

(Otrzymano 1990. 08. 10)

A b s t r a c t

The aim of the field and laboratory study was to determine effects of nitrogen fertilization and sprinkling irrigation on chlorophyll and carotenoid content in the flag leaf, shank and spike of winter wheat and triticale cultivated on a sandy soil. Obtained results show that the applied treatments (nitrogen and sprinkling irrigation) significantly increased the yield of dry matter of the tested organs, and their chlorophyll and carotenoid content. Compared to winter wheata higher concentration of the pigments was found in triticale. Sprinkling irrigation in high nitrogen fertilization inhibited the process of pigment decomposition of and hence the time of photosynthetic activity of the tested plants was extend.

WSTĘP

Intensywność fotosyntezy oraz gromadzenia związków organicznych w roślinach zależy od fizjologicznej aktywności roślin, ta zaś od warunków bytowania, jakie stwarzają czynniki siedliska oraz od cech genetycznych gatunków i odmian. Jednymi

z najważniejszych związków chemicznych w roślinie, które wpływają na intensywność fotosyntezy i na produkcję biomasy są barwniki, zwłaszcza chlorofil i karotenoidy. Spośród niewielu badań dotyczących wpływu czynników agrotechnicznych na zawartość barwników w roślinach należy wymienić prace Enikeeva i wsp. (1977), Wojcieckiej (1973) oraz Mącik-Barańskiej (1987). Bliższe poznanie reakcji roślin na wysokie nawożenie mineralne i na dobre zaopatrzenie w wodę pozwoli je właściwie regulować, zwłaszcza że wpływ rolnika na pozostałe czynniki siedliska jest raczej ograniczony.

Celem przeprowadzonych doświadczeń polowych i laboratoryjnych było określenie wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem oraz deszczowania na kształtowanie się zawartości chlorofilu i karotenoidów w wybranych częściach pszenicy ozimej i pszenżyta uprawianych na glebie lekkiej.

METODY BADAŃ

Badania polowe przeprowadzono w latach 1984-1989 na glebie brunatnej kwaśnej, wytworzonej z piasku zwałowego lekkiego naglinowanego (5 Bw plg: pgm). Gleba ta zawiera 1,3-1,5 % próchnicy, 11-13 % części spławialnych, charakteryzuje się odczynem słabokwaśnym (pH w KCL 5,2-5,6), małą zawartością przyswajalnych form P i K. Gleba ta jest zaliczana do kompleksu żyniego dobrego i IV b klasy bonitacyjnej.

Pogoda w poszczególnych latach była zróżnicowana. Temperatura okresu wegetacji 1987 roku była znacznie niższa od średniej wieloletniej, natomiast w 1988 i 1989 była o ok. 3° wyższa. We wszystkich latach występowały niedobory opadów w maju i czerwcu, a więc w okresie krytycznym dla zbóż, ale największe niedobory, graniczące z suszą, wystąpiły w 1989 roku, dlatego dawka polewowa wynosiła wtedy aż 150 mm. W latach 1987 i 1988 dawki deszczowania wynosiły po 75 mm.

Doświadczenie polowe założono połączoną metodą split-block i split-plot w czterech powtórzeniach. W doświadczeniu uwzględniono deszczowanie (0 – obiekty bez deszczowania, W – obiekty deszczowane), dwa gatunki zbóż (pszenica ozima – Emika i pszenżyto – Grado) oraz 3 poziomy nawożenia azotem (0; 90; 150 kg N/ha). Jedną trzecią dawki azotu zastosowano przed siewem, a resztę pogłównie w dwóch ratach w fazie wznowienia wegetacji i strzelania w źdźbło. Wszystkie zabiegi uprawowe wykonano zgodnie z zasadami prawidłowej agrotechniki. Potrzeby nawadniania określano według dekadowych potrzeb wodnych roślin opracowanych przez Dzięzyca i wsp. (1987).

Materiał do oznaczania chlorofilu i karotenocwów pobierano z liści flagowych, dokłosa i kłosów w fenofazach kłoszenia, kwitnienia i dojrzałości młeczej. W tym samym czasie oznaczano zawartość suchej masy w poszczególnych organach, a to posłużyło do wyliczenia przyrostu biomasy oraz zawartości pigmentów w suchej

masie testowanych części roślin. Zawartość chlorofilu oznaczono metodą *Arnona* (1956), a karotenoidów – *Schnarrenberga i Mohra* (1970).

Barwniki ekstrahowano z rozdrobnionego materiału roślinnego 80-procentowym wodnym roztworem acetonu. Ekstynkcję roztworów mierzono spektrokolorymetrem „Spekol”. Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji oraz obliczono najmniejsze istotne różnice.

WYNIKI BADAŃ

Aczkolwiek obecność i skład barwników roślinnych są w dużym stopniu uwarunkowane właściwościami genetycznymi, to jednak ulegają modyfikacjom pod wpływem warunków bytowania roślin, a przede wszystkim natężenia światła, temperatury, dostępności niektórych pierwiastków oraz zaopatrzenia roślin w wodę.

Kształtowanie się zawartości chlorofilu w liściu flagowym, dokłosiu i kłosie w ważniejszych fazach wzrostu i rozwoju pszenicy ozimej i pszenżyta pod wpływem deszczowania i zróżnicowanego nawożenia azotem zestawiono w tabeli 1 i przedstawiono graficznie na rysunkach 1, 2 i 3. Deszczowanie nie spowodowało większych różnic zawartości chlorofilu w testowanych roślinach, jedynie w kłosach obu roślin stwierdzono w fazie dojrzałości młecznej o ponad 60 % więcej tego barwnika na obiektach deszczowanych (tab. 1). Spowodowało to z pewnością zwiększenie i przedłużenie fotosyntetycznej aktywności kłosa na obiektach nawadnianych.

Wpływ wzrastających dawek azotu na syntezę chlorofilu we wszystkich testowanych częściach roślin był niewspółmiernie większy niż wody. Oczywiście największy wzrost oraz największą zawartość chlorofilu notowano w liściu flagowym, nic w tym dziwnego, bowiem, jak wykazują badania *Nalborczyka i wsp.* (1981), jego rola w procesie fotosyntezy jest największa. Duże dawki azotu spowodowały więc, że ilość chlorofilu w liściu flagowym pszenicy zwiększyła się ponad 3-krotnie, a pszenżyta ponad 2,5-krotnie. W dokłosiu i w kłosach obu roślin zawartość chlorofilu wzrosła około 2-krotnie. Podkreślić należy, że korzystne działanie azotu na zawartość tego barwnika zaznaczyło się bardzo wyraźnie w fazie dojrzałości młecznej (tab. 1). Ilość chlorofilu we wszystkich badanych częściach roślin wielokrotnie przekraczała tę stwierdzoną w obiektach z przeciętnymi dawkami N lub bez nawożenia azotem. Najprawdopodobniej trzecia dawka azotu zastosowana w fazie strzelania źdźbło spowodowała lepsze zaopatrzenie roślin w azot oraz wyraźnie przedłużyła ich aktywność fotosyntetyczną.

Wraz z postępem wegetacji i pojawem kolejnych fenofaz zawartość chlorofilu w roślinach ulegała zmniejszeniu, co również wykazały w swoich badaniach *Nagajima i Kokina* (cyt. za *Giubbienietem*) (1952) oraz *Wojcieszka* (1973), ale tempo zaniku zależało od warunków wilgotnościowych w glebie. Jeżeli

np. zawartość chlorofilu w liściu flagowym pszenicy z obiektu kontrolnego w fazie dojrzałości mleczonej była mniejsza 3-krotnie, to w liściach z obiektów nawadnianych zmniejszyła się tylko około 1,5-krotnie. W tej fazie koncentracja chlorofilu w liściu flagowym na obiektach nawadnianych była prawie o 30 % większa. Podobnie w pszenżycie zawartość chlorofilu w liściu flagowym z obiektu kontrolnego w fazie dojrzałości mleczonej uległa również około trzykrotnemu zmniejszeniu, na obiektach deszczowanych tylko 1,5-krotnie, a od obiektu kontrolnego była w tej fazie większa aż o 135 %.

Zawartość chlorofilu w kłosie w miarę postępu wegetacji ulegała zmniejszeniu w podobnych proporcjach, np. w pszenicy ozimej w fazie dojrzałości mleczonej była ponad 4-krotnie mniejsza, niż na obiekcie kontrolnym, a na obiektach deszczowanych tylko o połowę. Przeprowadzone obserwacje i badania wykazały więc dowodnie, że aczkolwiek deszczowanie nie powoduje zwiększenia zawartości chlorofilu w roślinach, to opóźnia jego zanikanie przyczyniając się w ten sposób do przedłużenia aktywności fotosyntetycznej roślin.

Zawartość chlorofilu w zielonych częściach roślin, jak wykazały badania m.in. Gabrielsena (1948), Šestaka i Čatsky'ego (1962) oraz Wojciejskiej (1973), nie jest bezpośrednio skorelowana z intensywnością fotosyntezy, jednak wielkość powierzchni asymilującej całych roślin albo poszczególnych organów przy określonym poziomie zawartości barwników decyduje o ilości wytwarzanej biomasy.

Dlatego w przeprowadzonych badaniach wyliczono ilość chlorofilu i karotenoidów w całych organach (liść flagowy, dokłosie, kłos), a uzyskane wyniki przedstawiono graficznie na rysunkach 1-3. Tak zestawione wyniki obrazują zdolność asymilacyjną badanych części z uwzględnieniem zawartości barwników oraz powierzchni i masy tych organów. Okazało się np. że deszczowanie spowodowało wzrost ilości chlorofilu w całym liściu flagowym od 7 % w fazie kłoszenia do 39 % w fazie dojrzałości mleczonej, natomiast w pszenżycie od 40 % aż do 155 %. Dokłosie pszenicy ozimej zawierało w fazie dojrzałości mleczonej o 28 % więcej chlorofilu, a pszenżyta aż o około 150 %, natomiast ich kłosa o 69 i 72 %.

Analizując zawartość chlorofilu i karotenoidów w poszczególnych częściach roślin (liść flagowy, dokłosie, kłos) stwierdzono bardzo wyraźny dodatni wpływ zastosowanych zabiegów agrotechnicznych (deszczowanie i nawożenie azotem) na zawartość tych barwników w badanych organach (tab. 1 i 2 oraz rys. 1-6). Ten korzystny wpływ ujawnił się szczególnie w fazie kłoszenia i kwitnienia.

Na obiektach z wysokim nawożeniem azotem zawartość pigmentu w całym liściu flagowym wzrosła 5-krotnie, w dokłosiu 3-krotnie, a w kłosie aż 5-6 krotnie. Niezależnie od stosowanych zabiegów agrotechnicznych w testowanych organach pszenżyta znajdowano więcej chlorofilu niż w pszenicy ozimej (rys. 3), z wyjątkiem dokłosa w fazie kwitnienia i dojrzałości mleczonej.

Wśród barwników biorących udział w fotosyntezie ważną rolę odgrywają

Rys. 1. Wpływ deszczowania na zawartość chlorofilu w organach pszenicy ozimej i pszenżyta w ważniejszych fazach wzrostu i rozwoju roślin (mg/organ)

Effect of sprinkling irrigation on chlorophyll content in some organs of winter wheat and triticale at different stages (mg/organ)

A — liść flagowy — flag leaf, B — dokłósie — shank, C — kłos — spike; 1 — faza kłoszenia — heading stage, 2 — faza kwitnienia — flowering stage, 3 — faza dojrzałości młecznej — milk ripeness stage

Rys. 2. Wpływ nawożenia azotem i deszczowania na zawartość chlorofilu w testowanych częściach pszenicy ozimej i pszenżyta w fazie kłoszenia (mg/organ)
 Influence of nitrogen fertilization and sprinkling irrigation on chlorophyll content in the tested parts of winter wheat and triticale at heading stage (mg/organ)
 O — bez deszczowania – not sprinkled, W — deszczowane – sprinkled; A — liść flagowy – flag leaf, B — dokłosie – shank, C — kłos – spike

Rys. 3. Zawartość chlorofilu w organach pszenicy ozimej i pszenżyta w ważniejszych fazach wzrostu i rozwoju niezależnie od stosowanych zabiegów (mg/organ)
 Chlorophyll content in some plant organs of winter wheat and triticale at different stages independently of applied treatments (mg/organ)
 A — liść flagowy — flag leaf, B — dokłósie — shank, C — kłos — spike; 1 — faza kłoszenia — heading stage, 2 — faza kwitnienia — flowering stage, 3 — faza dojrzałości młecznej — milk ripeness stage

Rys. 4. Wpływ deszczowania na zawartość karotenoidów w organach pszenicy ozimej i pszenżyta w ważniejszych fazach wzrostu i rozwoju roślin (mg/organ)

Effect of sprinkling irrigation on carotenoid content in some organs of winter wheat and triticale at different stages (mg/organ)

A — liść flagowy – flag leaf, B — dokłósie – shank, C — kłos – spike; 1 — faza kłoszenia – heading stage, 2 — faza kwitnienia – flowering stage, 3 — faza dojrzałości młecznej – milk ripeness stage

Rys. 5. Wpływ nawożenia azotem i deszczowania na zawartość karotenoidów w testowanych częściach pszenicy ozimej i pszenżyta w fazie kłoszenia (mg/organ)

Influence of nitrogen fertilization and sprinkling irrigation on carotenoid content in the tested parts of winter wheat and triticale at heading stage (mg/organ)

O — bez deszczowania — not sprinkled, W — deszczowane — sprinkled; A — liść flagowy — flag leaf, B — dokłosie — shank, C — kłos — spike

Rys. 6. Zawartość karotenoidów w organach pszenicy ozimej i pszenżyta w ważniejszych fazach wzrostu i rozwoju niezależnie od stosowanych zabiegów (mg/organ)

Carotenoid content in some plant organs of winter wheat and triticale at different stages independently of applied treatments (mg/organ)

A — liść flagowy – flag leaf, B — dokłósie – shank, C — kłos – spike; 1 — faza kłoszenia – heading stage, 2 — faza kwitnienia – flowering stage, 3 — faza dojrzałości młecznej – milk ripeness stage

Tabela 1 – Table 1

Zawartość chlorofilu w niektórych częściach pszenicy ozimej i pszenżyta w zależności od fazy rozwojowej, deszczowania i nawożenia azotem (mg/g s. m.)

Chlorophyll content in some parts of winter wheat and triticale depending on growth stage, sprinkling and nitrogen doses (mg/g d. m.)

Roślina Cultivar	Deszczowanie Sprinkling irrigation	Dawki azotu Doses of ni- trogen	Kłoszenie – Heading			Kwitnienie – Flowering			Dojrzałość mleczna Milk ripeness		
			Liść flagowy Flag leaf	Dokło- sie Shank	Kłos Spike	Liść flagowy Flag leaf	Dokło- sie Shank	Kłos Spike	Liść flagowy Flag leaf	Dokło- sie Shank	Kłos Spike
Pszenica ozima Winter wheat	O	0	2,31	1,53	0,97	2,12	2,59	0,70	0,74	1,39	0,07
		90	5,58	1,96	1,19	5,47	3,57	0,91	1,48	3,19	0,27
		150	8,31	2,80	1,62	7,64	4,08	1,30	5,74	5,37	0,52
		$\bar{x}$	5,40	2,10	1,26	5,08	3,41	0,97	2,65	3,32	0,29
	W	0	2,92	0,75	1,01	2,80	2,82	0,73	1,96	2,18	0,42
		90	3,91	1,34	0,96	7,89	3,82	0,67	3,13	3,29	0,42
		150	8,74	2,88	1,54	7,91	4,58	0,90	5,15	6,31	0,57
		$\bar{x}$	5,19	1,66	1,17	6,20	3,74	0,77	3,41	3,93	0,47
Średnie – Means			5,30	1,88	1,21	5,64	3,58	0,87	3,03	3,62	0,38
Pszen- żyto Triticale	O	0	3,16	0,85	1,19	3,54	1,95	0,63	1,05	0,69	0,14
		90	5,16	2,47	1,57	6,37	1,98	0,66	1,70	1,35	0,23
		150	6,18	2,17	1,98	7,16	2,24	0,69	2,27	2,17	0,54
		$\bar{x}$	4,83	1,83	1,58	5,69	2,06	0,66	1,67	1,40	0,30
	W	0	4,22	1,77	1,15	1,98	1,35	0,54	1,17	1,69	0,37
		90	3,63	1,56	2,08	3,23	1,87	0,52	3,83	2,45	0,41
		150	9,23	2,16	2,29	8,16	2,59	0,94	6,75	5,82	0,69
		$\bar{x}$	5,69	1,83	1,84	4,46	1,94	0,67	3,92	3,32	0,49
Średnie – Means			5,26	1,83	1,71	5,08	2,00	0,66	2,79	2,36	0,40
NIR 0,05 – LSD 0,05											
dla rośliny (a) for cultivar			r. n. n. s.	r. n. n. s.	0,32	r. n. r. s.	0,38	0,27	r. n. n. s.	0,57	r. n. n. s.
dla deszczowania (b) for sprinkling			0,62	r. n. n. s.	r. n. n. s.	1,00	r. n. n. s.	r. n. n. s.	0,90	0,58	0,11
dla nawożenia (c) for fertilization			0,75	0,47	0,51	1,24	0,46	0,33	1,01	0,71	0,14
a x b			0,87	r. n. n. s.	r. n. n. s.	r. n. n. s.	r. n. n. s.	r. n. n. s.	1,28	0,81	r. n. n. s.
a x c			1,07	1,72	r. n. n. s.	1,75	0,73	r. n. n. s.	1,57	r. n. n. s.	r. n. n. s.
b x c			1,06	r. n. n. s.	r. n. r. s.	1,75	0,65	r. n. n. s.	r. n. n. s.	1,00	r. n. n. s.

Tabela 2 – Table 2

Zawartość karotenoidów w niektórych częściach pszenicy ozimej i pszenżyta w zależności od fazy rozwojowej, deszczowania i nawożenia azotem (mg/g s. m.)

Carotenoid content in some parts of winter wheat and triticale depending on growth stage, sprinkling and nitrogen doses (mg/g d. m.)

Roślina Cultivar	Deszczo- wanie Sprinkling irrigation	Dawki azotu Doses of ni- trogen	Kłoszenie – Heading			Kwitnienie – Flowering			Dojrzałość mleczna Milk ripeness			
			Liść flagowy Flag leaf	Dokło- sie Shank	Kłos Spike	Liść flagowy Flag leaf	Dokło- sie Shank	Kłos Spike	Liść flagowy Flag leaf	Dokło- sie Shank	Kłos Spike	
Pszenica ozima Winter wheat	O	0	1,09	0,45	0,38	1,12	0,87	0,25	0,40	0,43	0,02	
		90	2,31	0,53	0,35	2,04	1,16	0,28	0,46	0,74	0,02	
		150	2,70	0,91	0,47	2,57	1,33	0,48	1,28	0,99	0,03	
		$\bar{x}$	2,03	0,63	0,40	1,91	1,12	0,34	0,71	0,72	0,02	
	W	0	1,44	0,19	0,30	1,33	0,68	0,31	0,23	0,30	0,02	
		90	1,64	0,45	0,32	2,78	1,03	0,44	0,34	0,56	0,04	
Pszen- żyto Triticale	O	0	1,29	0,35	0,47	1,63	0,70	0,31	0,20	0,11	0,01	
		90	1,94	0,85	0,68	2,39	0,72	0,33	0,45	0,13	0,02	
		150	2,29	0,90	0,79	2,52	0,84	0,35	0,45	0,43	0,03	
		$\bar{x}$	1,84	0,70	0,65	2,18	0,75	0,33	0,37	0,22	0,02	
	W	0	1,38	0,65	0,44	0,90	0,54	0,31	0,51	0,14	0,01	
		90	1,91	0,53	0,79	1,04	0,72	0,51	1,05	0,22	0,03	
Średnie – Means	W	150	3,16	0,71	0,79	2,78	0,97	0,58	1,47	1,50	0,07	
		$\bar{x}$	2,15	0,63	0,67	1,57	0,74	0,47	1,01	0,62	0,04	
		Średnie – Means		2,00	0,67	0,66	1,88	0,75	0,40	0,69	0,42	0,03
		NIR 0,05 – LSD 0,05										
	dla rośliny (a) for cultivar		r. n. n. s.	0,16	0,30	0,21	r. n. n. s.	r. n. n. s.	r. n. n. s.	r. n. n. s.	0,02	
	dla deszczowania (b) for sprinkling		0,20	r. n. n. s.	r. n. n. s.	r. n. n. s.	r. n. n. s.	0,11	0,18	r. n. n. s	0,02	
dla nawożenia (c) for fertilization		0,24	0,17	0,19	0,37	0,36	0,13	0,21	0,17	0,03		
a x b		0,35	r. n. n. s.	r. n. n. s.	0,43	r. n. n. s.	r. n. n. s.	0,24	r. n. n. s.	0,02		
a x c		0,36	r. n. n. s.	r. n. n. s.	0,52	r. n. n. s.	r. n. n. s.	0,30	0,24	0,04		
b x c		0,24	r. n. n. s.	r. n. n. s.	0,52	r. n. n. s.	r. n. n. s.	r. n. n. s.	r. n. n. s.	r. n. n. s.		

karotenoidy. Związki te, jak podają Devlin i Barker (1971) oraz Lawlor (1981), uczestniczą w przekazywaniu energii świetlnej do chlorofilu, chronią chlorofil przed fotooksydacją oraz częściowo biorą udział w samym procesie asymilacji dwutlenku węgla. Wyniki dotyczące wpływu zastosowanych zabiegów agrotechnicznych (deszczowanie i nawożenie azotem) na zawartość karotenoidów przedstawiono w tabeli 2 i na rysunkach 4-6. Podobnie jak w przypadku chlorofilu również zawartość karotenoidów spada z postępem wegetacji, szczególnie w fazie dojrzałości młeczej. Deszczowanie wyraźnie hamowało rozkład karotenoidów: np. pszenżyto w fazie dojrzałości młeczej zawierało ich 3-krotnie więcej na obiektach deszczowanych w porównaniu do nie deszczowanych. Wysokie dawki azotu spowodowały wzrost karotenoidów o około 60 % w kłosach, 100 % w dokłosiach i 150 % w liściach flagowych. Wyniki przedstawione na rysunkach 4, 5 i 6 obrazują zawartość karotenoidów w suchej masie całych testowanych organów porównywanych roślin.

Deszczowanie spowodowało wyraźne zwiększenie zawartości karotenoidów, widoczne szczególnie w fazie dojrzałości młeczej, np. w kłosie pszenżyta było tego pigmentu o 130 % więcej, a w dokłosiu i liściu flagowym o 190 i 203 %. W fazie dojrzałości młeczej w liściu flagowym pszenicy ozimej z poletek nawożonych wysokimi dawkami azotu znajdowało się o 386 % więcej karotenoidów, w dokłosiu o 175 %, a w kłosie o 525 %; analogicznie w pszenicy o 117, 77 i 181 % więcej w porównaniu do obiektów kontrolnych.

Wzrost zawartości barwników pod wpływem intensywnego nawożenia azotem oraz opóźnienie ich zanikania pod wpływem deszczowania sprzyjał fotosyntezie i gromadzeniu substancji organicznej. Stąd też przyrost suchej masy badanych części roślin (tab. 3) był bardziej dynamiczny na obiektach nawadnianych oraz intensywnie nawożonych. Wysoka dawka azotu zwiększyła masę liścia flagowego pszenicy o 60 %, pszenżyta o 80 %, natomiast kłosa o ponad 200 %. Przyrost suchej masy kłosa pod wpływem nawadniania mieścił się w granicach od 23 do 32 %. O większej aktywności fotosyntetycznej roślin dobrze zaopatrzonych w azot donosi Wojcieśka (1973), która sugeruje, że efekt azotu może się wyrazić bezpośrednim działaniem na aparat asymilujący i syntezę barwników, albo pośrednim przez zwiększenie aktywności kłosów jako akceptorów asymilatów. Aktywność akceptorów może z kolei wywierać wpływ na intensywność fotosyntezy ilości o czym donosi również Burt (1964).

W miarę postępu wegetacji i starzenia się roślin zmniejszała się zawartość barwników w liściu flagowym, szczególnie na obiektach z niskimi dawkami azotu. Spadek ten był znacznie mniejszy w dokłosiu oraz w kłosie, zwłaszcza na obiektach nawadnianych i z wysokimi dawkami azotu. Ma to ścisły związek ze wzrostem aktywności fotosyntetycznej dokłosa i kłosa w miarę starzenia się innych organów

asymilacyjnych. Gdy słabnie fotosynteza liści, jak stwierdzili S t r e b e y k o (1976) i W o j c i e s k a i wsp. (1983), wówczas kłos reprezentujący najmłodsze tkanki asymilacyjne i ich stosunkowo dużą powierzchnię spełnia rolę głównego asymilatora w roślinie. Zastosowane zabiegi agrotechniczne przyczyniły się niewątpliwie do intensywnego powstawania barwników fotosyntetycznych, przedłużyły okres asymilacji zwłaszcza pszenżyta i zwiększyły syntezę biomasy w badanych roślinach, co wyraziło się w konsekwencji większym plonem.

T a b e l a 3 – T a b l e 3

Sucha masa badanych części roślin (g)
Dry matter of tested plant parts (g)

Roślina Cultivar	Deszczo- wanie Sprinkling irrigation	Dawki azotu Doses of ni- trogen	Kłoszenie – Heading			Kwitnienie – Flowering			Dojrzałość mleczna Milk ripeness		
			Liść flagowy Flag leaf	Dokło- sie Shank	Kłos Spike	Liść flagowy Flag leaf	Dokło- sie Shank	Kłos Spike	Liść flagowy Flag leaf	Dokło- sie Shank	Kłos Spike
Pszenica ozima Winter wheat	O	0	0,016	0,026	0,045	0,018	0,031	0,047	0,021	0,034	0,059
		90	0,022	0,031	0,085	0,029	0,037	0,096	0,033	0,041	0,113
		150	0,035	0,039	0,143	0,036	0,042	0,162	0,039	0,046	0,209
		$\bar{x}$	0,024	0,032	0,091	0,028	0,037	0,102	0,031	0,040	0,127
	W	0	0,019	0,031	0,046	0,023	0,037	0,054	0,028	0,039	0,063
		90	0,024	0,036	0,120	0,029	0,041	0,136	0,031	0,045	0,166
		150	0,038	0,039	0,192	0,040	0,045	0,214	0,042	0,049	0,256
		$\bar{x}$	0,027	0,035	0,119	0,031	0,041	0,135	0,034	0,044	0,162
Średnie – Means		0,026	0,034	0,105	0,029	0,039	0,118	0,032	0,042	0,144	
Pszem- żyto Triticale	O	0	0,021	0,033	0,070	0,029	0,038	0,079	0,031	0,042	0,095
		90	0,032	0,038	0,121	0,038	0,043	0,137	0,044	0,049	0,164
		150	0,042	0,040	0,219	0,051	0,047	0,246	0,054	0,052	0,304
		$\bar{x}$	0,032	0,037	0,137	0,039	0,043	0,154	0,043	0,048	0,188
	W	0	0,029	0,034	0,098	0,036	0,039	0,112	0,038	0,042	0,133
		90	0,034	0,040	0,169	0,042	0,045	0,189	0,047	0,049	0,232
		150	0,048	0,048	0,237	0,051	0,050	0,267	0,053	0,056	0,328
		$\bar{x}$	0,037	0,041	0,168	0,043	0,045	0,189	0,046	0,049	0,231
Średnie – Means		0,034	0,039	0,152	0,041	0,044	0,172	0,045	0,048	0,209	

O — bez deszczowania — not sprinkled

W — deszczowane — sprinkled

WNIOSKI

1. Zastosowane zabiegi agrotechniczne, a szczególnie nawożenie azotem, spowodowały istotny wzrost zawartości chlorofilu i karotenoidów w pszenicy ozimej i pszenżycie. Zawartość barwników fotosyntetycznych w pszenżycie była na ogół większa niż w pszenicy ozimej.

2. Deszczowanie hamowało proces zanikania barwników w pszenicy i pszenżycie.

3. Stwierdzono, że przyrost suchej masy testowanych organów pszenicy i pszenżyta był na obiektach deszczowanych oraz intensywnie nawożonych azotem większy niż na kontrolnych.

Streszczenie

Celem przeprowadzonych doświadczeń polowych i badań laboratoryjnych było określenie wpływu zróżnicowanych dawek nawożenia azotem oraz deszczowania na kształtowanie się zawartości chlorofilu i karotenoidów w liściu flagowym, dokłosiu i kłosie pszenicy ozimej i pszenżyta uprawianych na glebie lekkiej.

W doświadczeniu uwzględniono obiekty bez deszczowania (0) i obiekty deszczowane (W), dwa gatunki zbóż – pszenica ozima (Emika) i pszenżyto ozime (Grado) oraz trzy poziomy nawożenia mineralnego: 0; 90 i 150 kg N/ha. Stwierdzono, że zastosowane zabiegi agrotechniczne, szczególnie nawożenie azotem spowodowały istotny wzrost plonu suchej masy badanych części pszenicy i pszenżyta oraz zawartości chlorofilu i karotenoidów.

Pszenżyto charakteryzowało się większą zawartością barwników. Deszczowanie i wysokie nawożenie azotem hamowało proces zanikania pigmentów, przedłużając w ten sposób okres fotosyntetycznej aktywności testowanych roślin.

LITERATURA

- Arnon D. J., Allen M. B., Whately F., 1956. Photosynthesis by isolated chloroplasts s. IV. General concept and comparison of three photochemical reactions. *Biochim. Biophys. Acta* 20: 449-461.
- Burt R. L., 1964. Carbohydrate utilization as a factor in plant growth. *Aust. J. Biol. Sci.* t. 17: 867.
- Devlin R. M., Barker A. V., 1971. Photosynthesis. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Dziężyk J., Nowak F., Panek K., 1987. Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* z. 314: 11-33.
- Enikeev S. G., Merskowa Ł. Z., Frołow N. S., 1977. Pigmentnyj sostaw triticales. *Fizjologija i biochimija kulturnych rastenij*. t. 9 z. 1: 32-34.
- Gabrielsen E. K., 1948. Effect of different chlorophyll concentrations on photosynthesis in foliage leaves. *Physiol. Plant*, t. 1:5.
- Giubbieniet J., 1952. Chlorofil a roślina. PWRiL.
- Lawlor D. W., 1981. Photosynthesis metabolism, control and physiology. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Mąćik-Barańska G., 1987. Badania nad występowaniem i rozmieszczeniem chlorofilu w pszenżycie i jego formach wyjściowych. *Rocz. Nauk Rol. Ser. A. T.* 107, z. 1: 2-19.
- Nalborczyk E., Nalborczyk T., Wawrzonowska B., 1981. Models of photosynthetic activity in cereals. *Photosynthesis VI. Photosynthesis and Environment*. Ed. by George Akoyunoglou, 97-106.
- Schnarrenberger C., Mohr H., 1870. Carotenoid synthesis in mustard seedlings as controlled by phytochrome and inhibitors. *Planta*, 94: 296-307.
- Šestak Z., Čatský J., 1962. Intensity of photosynthesis and chlorophyll content as related to leaf age in

- Nicotiana sanderae* Hart. Biol. Plantar, t. 4: 131.
- Strebyko P., 1976. Biologia pszenicy, PWN Warszawa.
- Wojcieszka U., 1973. Dynamika wzrostu i produktywność fotosyntezy żyta ozimego (*Secale cereale* L.)
Cz. III. Wpływ żywienia azotem na długość życia liści oraz na wzrost roślin i ich aktywność fotosyntetyczną.
Pam. Puł. z. 56: 51-74.
- Wojcieszka U., 1973. Dynamika wzrostu i produktywność fotosyntezy żyta ozimego (*Secale cereale* L.).
I. Przyrost masy, aktywność fotosyntetyczna i dystrybucja asymilatów. Pam. Puł 56: 7-30.
- Wojcieszka U., Wolska E., Samiec H., 1983. Porównywanie produktywności fotosyntezy wybranych
rodów *Triticale* i żyta odm. Dańkowskie Złote. Hod. Rośl. Aklim. i Nas. 27: 69-84.